

01.09.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

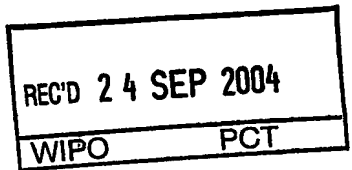
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 9 月 1 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 2 2 5 4 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 2 2 5 4 1]

出 願 人 豊田合成株式会社
Applicant(s):

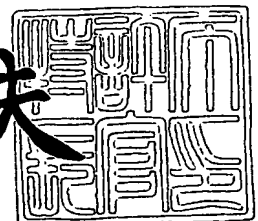


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 5 月 2 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 P03059TG
【提出日】 平成15年 9月16日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 33/00
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内
 【氏名】 瀧 哲也
【特許出願人】
 【識別番号】 000241463
 【氏名又は名称】 豊田合成株式会社
 【代表者】 松浦 剛
【代理人】
 【識別番号】 100087723
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 藤谷 修
 【電話番号】 052-232-0733
 【ファクシミリ番号】 052-232-0737
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 007445
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0012134

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

アクセプタ不純物の添加された第 1 の p 層と第 2 の p 層とを有する III 族窒化物系化合物半導体素子において、

前記第 1 の p 層と前記第 2 の p 層との間に中間層を有し、

前記中間層は、製造工程で混入されるアクセプタ不純物によるホール発生を略補償する濃度に、ドナー不純物が添加されていることを特徴とする III 族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項 2】

前記中間層に添加されるドナー不純物は、前記アクセプタ不純物の前記中間層での濃度分布に対応した濃度分布で添加されることを特徴とする請求項 1 に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項 3】

前記アクセプタ不純物はマグネシウム (Mg) であり、前記ドナー不純物はシリコン (Si) であることを特徴とする請求項 1 に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項 4】

前記中間層におけるホール濃度が $10^{17}/\text{cm}^3$ 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子。

【書類名】明細書

【発明の名称】III族窒化物系化合物半導体素子

【技術分野】

【0001】

本発明はIII族窒化物系化合物半導体素子に関する。本発明は静電耐圧の高いIII族窒化物系化合物半導体素子構造を提供するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば緑、青乃至紫外領域の発光素子としてIII族窒化物系化合物半導体素子は汎用されつつあるが、発光強度以外のIII族窒化物系化合物半導体発光素子の諸特性は尚改善の余地がある。特に静電耐圧については、ガリウム・ヒ素系の発光素子やインジウム・リン系の発光素子に比較して格段に低く、大幅な静電耐圧の向上が期待されている。ここにおいて、III族窒化物系化合物半導体発光素子の静電耐圧の向上のため、下記のような提案がされている。

【特許文献1】特開2001-148507号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

上記特許文献1で提案された技術は、低濃度にアクセプタ不純物を添加した、又はアンダードープであるがアクセプタ不純物が混入したp型低濃度ドープ層を、pクラッド層とpコンタクト層の間に設ける技術である。当該技術によると、p型低濃度ドープ層は200nm程度の厚さを確保する必要がある。しかし、この層は抵抗率が高く、厚さが厚い層であるので抵抗が大きくなるため、この層は素子を駆動するための電圧を上昇させると考えられる。そこで当該p型低濃度ドープ層のアクセプタ不純物を低下させて薄膜化すれば、駆動電圧を更に下げることができるとの着想から、本願発明は完成された。即ち、本願発明はII族窒化物系化合物半導体素子の静電耐圧を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記の課題を解決するため、請求項1に記載の手段によれば、アクセプタ不純物の添加された第1のp層と第2のp層とを有するIII族窒化物系化合物半導体素子において、第1のp層と第2のp層との間に中間層を有し、中間層は、製造工程で混入されるアクセプタ不純物によるホール発生を略補償する濃度に、ドナー不純物が添加されていることを特徴とする。ここで「ホール発生を略補償する」とは、当該濃度のアクセプタ不純物によりホールが発生しうるはずであるが、ドナー不純物により発生する電子と相殺して、中間層におけるホール濃度が、不純物無添加のIII族窒化物系化合物半導体のそれと実質的に同一であることを言う。例えば $10^{17}/\text{cm}^3$ 以下のホール濃度まで減少すれば良い。

【0005】

また、請求項2に記載の手段によれば、中間層に添加されるドナー不純物は、混入されるアクセプタ不純物の中間層での濃度分布に対応した濃度分布で添加されることを特徴とする。ここで「混入されるアクセプタ不純物の中間層での濃度分布に対応した濃度分布」とは、活性化率を考慮しての表現である。即ち、アクセプタ不純物とドナー不純物の活性化率が等しいならば、ドナー不純物の厚さ方向の濃度分布はアクセプタ不純物の厚さ方向の濃度分布に略一致させる。アクセプタ不純物の活性化率がドナー不純物の活性化率の1/10ならば、ドナー不純物の厚さ方向の濃度分布はアクセプタ不純物の厚さ方向の濃度の略1/10の濃度分布とする。

【0006】

また、請求項3に記載の手段によれば、アクセプタ不純物はマグネシウム(Mg)であり、ドナー不純物はシリコン(Si)であることを特徴とする。また、請求項4に記載の手段によれば、中間層におけるホール濃度が $10^{17}/\text{cm}^3$ 以下であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明による中間層は極めて伝導度の低い層となり、当該中間層が100nm以下の薄い層であってもIII族窒化物系化合物半導体素子の静電耐圧が著しく向上する。また、中間層を設けたことによる駆動電圧の上昇はほとんど無く、III族窒化物系化合物半導体素子特性は劣化しない。このような効果を生ずる作用については、印加電圧がp電極側の一部に集中することなく、p電極側の広い範囲に広がる作用を本願発明の中間層が奏するものと考えられる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明の好ましい実施の形態について説明する。「製造工程で混入されるアクセプタ不純物」とは、意図的には当該層を形成する際にアクセプタ不純物を導入しないのであるが、何らかの技術的理由で混入されるものを言う。当該技術的理由としては近接する層からのマイグレーション、異なる層を形成する境界時における導入原料の切り替えが完全でないことによるコンタミネーション（いわゆるメモリー効果）、或いは製造装置の洗浄不十分等により「常に」微量に生成するコンタミネーションがあげられる。ここにおいて、下記実施例の中間層には、アクセプタ不純物は意図的には導入しないが、下記製造工程において自然に混入されるものとする。

【0009】

ドナー不純物は、上記のとおり、中間層を形成して混入されるアクセプタ不純物の濃度分布を測定し、それに対応して添加する。アクセプタ不純物がマグネシウムでドナー不純物がシリコンの場合、マグネシウムとシリコンの活性化率を考慮してシリコンの濃度分布を決定することが必要となる。マグネシウムの活性化率はシリコンの活性化率の1/10くらいであるのでマグネシウムの濃度分布の1/10でシリコンを添加するようにする。

【0010】

第1のp層と第2のp層の構成は任意である。発光素子を形成する場合、n側層（1層又は多重層を含む複数の層）、発光層、第1のp層、中間層、第2のp層と積層し、第2のp層に電極を形成する。この場合、第1のp層、中間層、第2のp層の順にバンドギャップが小さくなるよう、アクセプタ不純物を添加したIII族窒化物系化合物半導体層の調整をすると良い。尚、構成は上記の単純な構成に限定されず、意図的に様々な作用を有する多重層や任意の不純物を添加した層を加えることも本願発明に包含される。

【0011】

発光素子を形成する場合、発光層を構成する多重量子井戸構造は、少なくともインジウム(In)を含むIII族窒化物系化合物半導体 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y-z}\text{In}_z\text{N}$ ($0 \leq y < 1$, $0 < z \leq 1$) から成る井戸層を含むものが良い。発光層の構成は、例えばドープされた、又はアンドープの $\text{Ga}_{1-z}\text{In}_z\text{N}$ ($0 < z \leq 1$) から成る井戸層と、当該井戸層よりもバンドギャップの大きい任意の組成のIII族窒化物系化合物半導体 AlGaInN から成る障壁層が挙げられる。好ましい例としてはアンドープの $\text{Ga}_{1-z}\text{In}_z\text{N}$ ($0 < z \leq 1$) の井戸層とアンドープのGaNから成る障壁層である。

【0012】

本発明のIII族窒化物系化合物半導体素子は任意の素子構成をとることができる。特に、発光素子としては発光ダイオード(LED)、レーザダイオード(LD)、フォトカプラ、その他の任意の発光素子として良い。当該III族窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法としては任意の製造方法を用いることができる。

【0013】

具体的には、結晶成長させる基板としては、サファイヤ、スピネル、Si、SiC、ZnO、MgO或いは、III族窒化物系化合物単結晶等を用いることができる。III族窒化物系化合物半導体層を結晶成長させる方法としては、分子線気相成長法(MBE)、有機金属気相成長法(MOVPE)、ハイドライド気相成長法(HVPE)、液相成長法等が有効である。

【0014】

電極形成層等のIII族窒化物半導体層は、少なくとも $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) にて表される2元系、3元系若しくは4元系の半導体から成るIII族窒化物

系化合物半導体で形成することができる。また、これらのIII族元素の一部は、ボロン(B)、タリウム(Tl)で置き換えても良く、また、窒素(N)の一部をリン(P)、砒素(As)、アンチモン(Sb)、ビスマス(Bi)で置き換えても良い。

【0015】

更に、これらの半導体を用いてn型のIII族窒化物系化合物半導体層を形成する場合には、n型不純物として、Si、Ge、Se、Te、C等を添加し、p型不純物としては、Zn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba等を添加することができる。

【0016】

以上の本発明の手段により、前記の課題を効果的、或いは合理的に解決することができる。

【実施例1】

【0017】

図1に、本発明の実施例に係るIII族窒化物系化合物半導体素子100の模式的な断面図を示す。III族窒化物系化合物半導体素子100は、次の構成を有する発光素子である。図1に示す様に、厚さ約300 μ mのサファイヤ基板101の上に、窒化アルミニウム(AlN)から成る膜厚約15nmのバッファ層102が成膜され、その上にノンドープのGaNから成る膜厚約500nmの層103が成膜され、その上にシリコン(Si)を $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ドープしたGaNから成る膜厚約5 μ mのn型コンタクト層104(高キャリア濃度 n^+ 層)が形成されている。

【0018】

また、このn型コンタクト層104の上には、シリコン(Si)を $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ でドープした $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ から成る膜厚25nmのn型クラッド層105が形成されている。更にその上には、膜厚3nmのノンドープ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ から成る井戸層1061と膜厚20nmのノンドープGaNから成る障壁層1062とを3ペア積層して多重量子井戸構造の発光層106が形成されている。

【0019】

更に、この発光層106の上には、Mgを $2 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ ドープした膜厚25nmのp型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ から成るp型クラッド層(第1のp層)107が形成されている。p型層107の上には、シリコンを(Si)を $2 \times 10^{18} \sim 3 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ の濃度分布でドープした膜厚100nmの中間層108が形成されている。中間層108の上には、Mgを 8×10^{19} ドープした膜厚100nmのp型GaNから成るp型コンタクト層(第2のp層)109が形成されている。

【0020】

又、p型コンタクト層(第2のp層)109の上には金属蒸着による透光性の薄膜p電極110が、n型コンタクト層104上にはn電極140が形成されている。透光性の薄膜p電極110は、p型コンタクト層(第2のp層)109に直接接合する膜厚約1.5nmのコバルト(Co)より成る第1層111と、このコバルト膜に接合する膜厚約6nmの金(Au)より成る第2層112とで構成されている。

【0021】

厚膜p電極120は、膜厚約18nmのバナジウム(V)より成る第1層121と、膜厚約15 μ mの金(Au)より成る第2層122と、膜厚約10nmのアルミニウム(Al)より成る第3層123とを透光性薄膜p電極110の上から順次積層させることにより構成されている。

【0022】

多層構造のn電極140は、n型コンタクト層104の一部露出された部分の上から、膜厚約18nmのバナジウム(V)より成る第1層141と膜厚約100nmのアルミニウム(Al)より成る第2層142とを積層させることにより構成されている。

【0023】

また、最上部には、 SiO_2 膜より成る保護膜130が形成されている。サファイヤ基板101の底面に当たる外側の最下部には、膜厚約500nmのアルミニウム(Al)より成る反射金属層150が、金属蒸着により成膜されている。尚、この反射金属層150は、Rh、Ti、W等の金属の他、TiN、HfN等の窒化物でも良い。

【0024】

中間層 108 のシリコンの濃度分布の根拠は次の通りである。中間層にシリコンを添加しない場合のマグネシウムの濃度分布が図 2 の Mg と示したように測定された。そこで中間層にシリコンの厚さ方向の濃度分布を、マグネシウムの活性化率（室温において励起させた正孔濃度／マグネシウム濃度）がシリコンの活性化率（室温において励起させた電子濃度／シリコン濃度）の約 1/10 であることを考慮して、マグネシウムの厚さ方向の濃度分布の 1/10 の濃度分布に一致するように添加する（図 2 の Si）。このようにすれば、マグネシウムにより励起された正孔の濃度をシリコンにより励起された電子の濃度によって補償することができる。従って、中間層におけるキャリア濃度は非常に小さくでき、例えば $10^{16} \sim 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下とすることができる。

【0025】

このような構造の図 1 の III 族窒化物系化合物半導体素子 100 は、中間層 108 を形成していないものと比較して静電耐圧が向上する。また、中間層 108 にシリコンをドーピングしていないものと比較して、中間層を薄くできるので、静電耐圧が向上させながら駆動電圧を低下させることが可能となる。

【0026】

本発明は、上記のようにアクセプタ不純物による正孔を電子で補償するものであるもので、ドナーを添加して正孔の濃度を減少させるものであれば良い。従って、アクセプタ不純物の濃度分布による正孔の濃度分布を、ドナー不純物の濃度分布により完全に補償し尽くすものでなくとも良い。

【0027】

本発明は、上記実施例に限定されるものではなく他に様々な変形が考えられる。例えば、各 III 族窒化物系化合物半導体層として、任意の混晶比の 2 元乃至 4 元系の AlGaInN とし、 $[\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}]$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) 成る一般式で表される 2 元、3 元 (GaInN, AlInN, AlGaInN) 或いは 4 元 (AlGaInN) の III 族窒化物系化合物半導体等を用いることもできる。また、それらの化合物の N の一部を P、As 等の V 族元素で置換しても良い。また、上記実施例では保護膜 130 を形成したが、保護膜 130 は省略しても良い。また、本例ではサファイア基板裏面に反射金属層を形成し、p 電極側に透光性薄膜 p 電極を設けたが、フリップチップタイプとするためには、サファイア基板裏面から光を取り出す構造とするために、サファイア基板裏面の反射金属層を形成せず、p 電極側を光反射層を兼ねる電極層を設けても良い。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図 1】 本発明の実施例 1 に係る III 族窒化物系化合物半導体素子 100 の断面図。

【図 2】 本発明の実施例 1 に係る III 族窒化物系化合物半導体素子 100 の、中間層中のマグネシウム濃度とシリコン濃度の濃度分布の概略図。

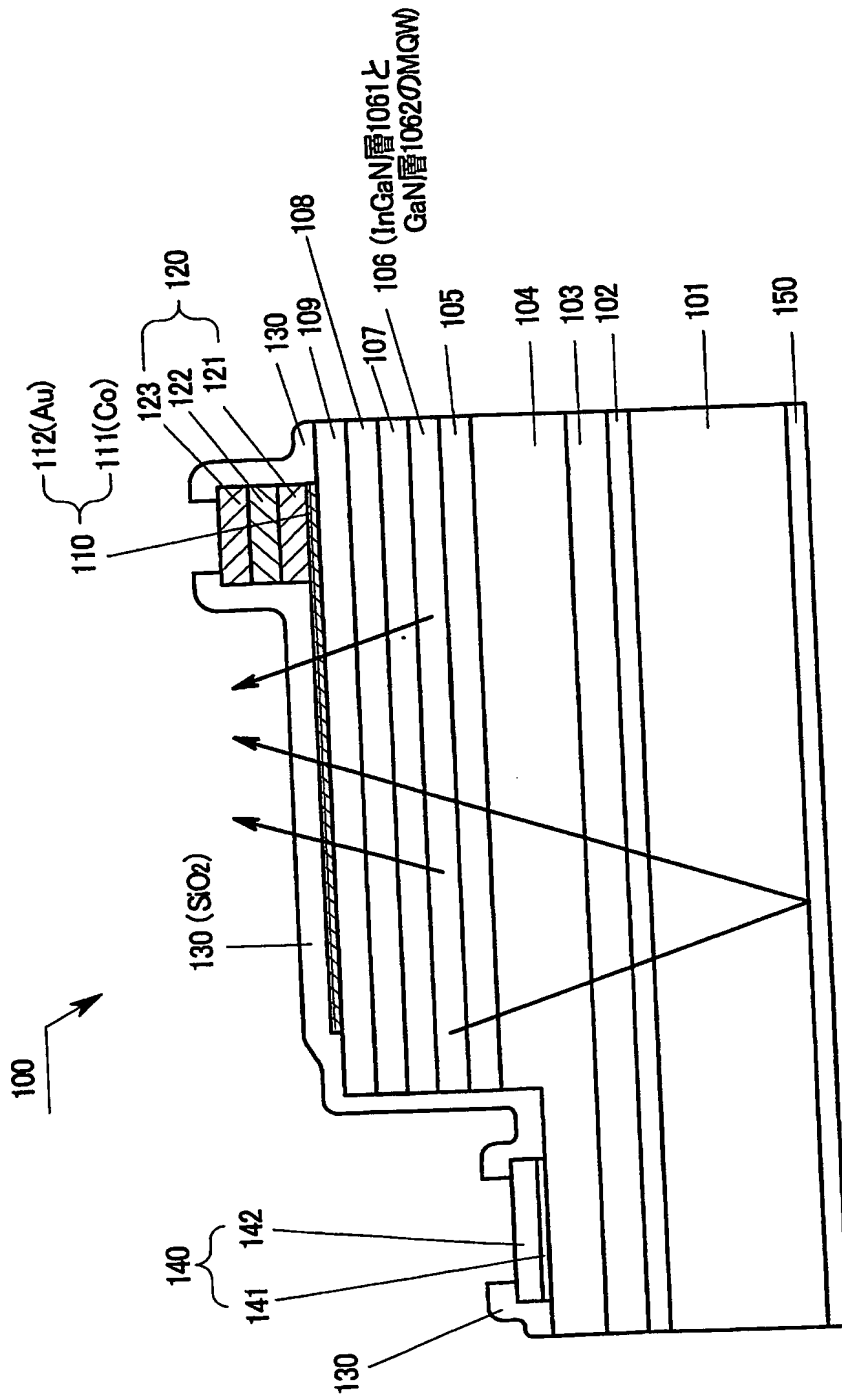
【符号の説明】

【0029】

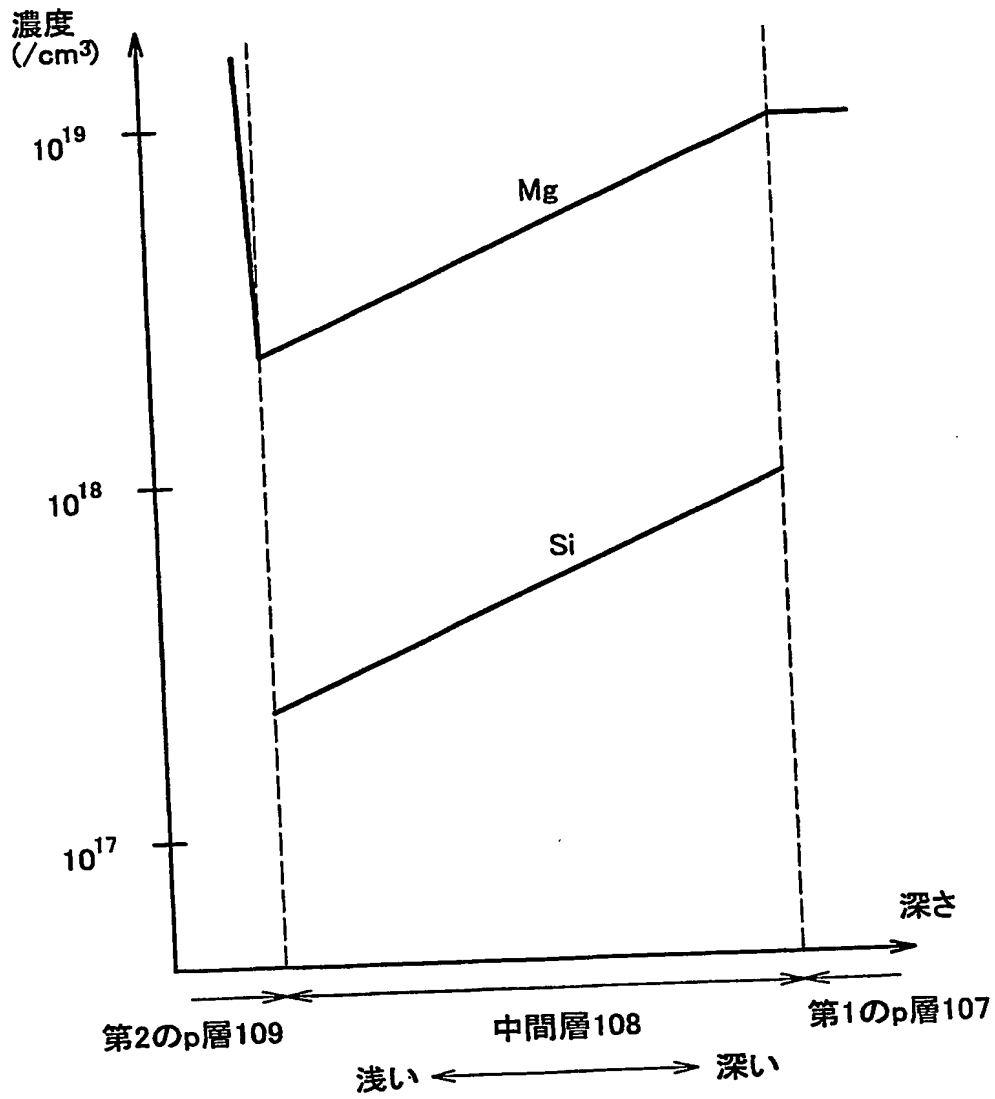
- 100: III 族窒化物系化合物半導体素子
- 101: サファイア基板
- 102: バッファ層
- 103: ノンドープ GaN 層
- 104: 高キャリア濃度 n^+ 層
- 105: n 型クラッド層
- 106: 発光層
- 107: p 型クラッド層 (第 1 の p 層)
- 108: 中間層
- 109: p 型コンタクト層 (第 2 の p 層)
- 110: 透光性薄膜 p 電極
- 120: p 電極

130: 保護膜
140: n電極
150: 反射金属層

【書類名】 図面
【図 1】



【図 2】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 III族窒化物系化合物半導体素子の静電耐圧を向上させる。

【解決手段】 III族窒化物系化合物半導体素子 100 のアクセプタ不純物の添加された p-A1Ga_xN_{1-x}層 107 と p-GaN 層 109 の間に中間層 108 を設ける。このとき、p-A1Ga_xN_{1-x}層 107 を形成する際に用いられたアクセプタ不純物の、中間層 108 への混入によるホール発生を補償する濃度にドナー不純物を添加する。中間層 108 は極めて伝導度の低い層となり、III族窒化物系化合物半導体素子 100 の静電耐圧が著しく向上する。

【選択図】 図 1

特願 2003-322541

出願人履歴情報

識別番号

[000241463]

1. 変更年月日
[変更理由]
住所
氏名

1990年 8月 9日
新規登録
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地
豊田合成株式会社